

## О замедлении нейтронов в поглощающей среде

Д. А. КОЖЕВНИКОВ

УДК 539.125.52

Применение теории сопряженных функций [1] к уравнению переноса приводит к соотношению, устанавливающему связь между функциями Грина уравнений переноса для поглощающей среды и среды с чистым рассеивателем. Эта связь, формулируемая в виде интегрального уравнения Вольтерра второго рода, позволяет вычислить распределение нейтронов в замедлителе с произвольным характером энергетической зависимости сечения поглощения по уже известному распределению нейтронов в непоглощающем замедлителе.

Введем обозначение  $\hat{K}$  для линейного интегро-дифференциального оператора уравнения переноса

$$\hat{K} = \tau(u) \frac{\partial}{\partial t} + \lambda(u) \omega \text{grad} + h(u) - \sum_{(u)} \int_0^u h_{\mu}(u') du' \int_{\Omega} W_{\mu}(u' \rightarrow u, \omega' \rightarrow \omega) d\omega' \quad (1)$$

и вектор фазового состояния нейтрона  $x = \{r, u, \omega, t\}$ . Наряду с уравнением для функции распределения плотности столкновений  $G$  в поглощающем замедлителе

$$\hat{K}G(x, x_0) = \delta(x - x_0) - g(u)G(x, x_0) \quad (2)$$

рассмотрим соответствующее сопряженное уравнение для функции распределения  $H$  в среде без поглощения [ $h(u) = 1$ ;  $g(u) = 0$ ]

$$\hat{K}^+ H^+(x, x_1) = \delta(x - x_1). \quad (3)$$

В сопряженном уравнении (3) независимой переменной  $x$  является «координата» источника, а переменная точки наблюдения  $x_1$  рассматривается как фиксированный параметр. Умножая уравнение (2) на  $H^+$ , (3) — на  $G$ , вычитая одно уравнение из другого и интегрируя по области изменения  $x$ , получаем

$$G(x_1, x_0) = H^+(x_0, x) - \int H^+(x, x_1) g(u) G(x, x_0) dx. \quad (4)$$

По теореме взаимности  $H^+(x, y) = H(y, x)$  и, следовательно,

$$G(x_1, x_0) = H(x_1, x_0) - \int H(x_1, x) g(u) G(x, x_0) dx. \quad (5)$$

Физический смысл этого уравнения заключается в трактовке поглощения нейтронов как действия определенных в фазовом пространстве «отрицательных» источников.

Считая, что точечный изотропный моноэнергетический импульсный источник нейтронов помещен в нача-

ло координат, получим окончательно (переобозначив  $x \rightarrow x', x_1 \rightarrow x$ )

$$G(x) = H(x) - \int H(x, x') g(u') G(x') dx' \quad (6)$$

или в развернутой записи

$$G(r, u, t, \omega) = H(r, u, t, \omega) - \int dr' \int_0^u g(u') du' \times \int_0^t dt' \int d\omega' H(r-r', u, u', t-t', \omega', \omega) G(r', u', \omega', t). \quad (6')$$

При слабом поглощении замена под интегралом  $G$  на  $H$  приводит к формуле теории малых возмущений.

В частном случае пространственно-однородной задачи выражение (6) переходит в уравнение Вейнберга — Вигнера — Корнголда [2, 3]:

$$G_0(u) = H_0(u) - \int_0^u g(u') H_0(u-u') G_0(u') du', \quad (7)$$

элементарное решение которого при

$$H_0(u) = \frac{1}{\xi} = \text{const}$$

есть

$$G_0(u) = \frac{1}{\xi} \exp\left(-\int_0^u \frac{g(u')}{\xi} du'\right).$$

Обобщение уравнения Вейнберга — Вигнера — Корнголда для стационарных пространственно-неоднородных задач, по-видимому, впервые проводилось в работах [4, 5], однако полученное в них уравнение несколько отличается от уравнения (6).

Поступило в Редакцию 24/VII 1967 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. Марчук, В. В. Орлов. В сб. «Нейтронная физика». М., Госатомиздат, 1961, стр. 30.
2. Л. Дреснер. Резонансное поглощение в ядерных реакторах. М., Госатомиздат, 1962.
3. N. Corngold. Proc. Phys. Soc., 70A, 793 (1957).
4. I. A. Kozachok. «Укр. физ. ж.», VII, 676 (1962).
5. И. А. Козачок. «Геофизический сборник», вып. 3 (14), 59 (1965).

Отношения сечений деления  $U^{233}$ ,  $U^{235}$  и  $Pu^{239}$  быстрыми нейтронами

В. Г. НЕСТЕРОВ, Г. Н. СМИРЕНКИН

УДК 539.173.4

В 1961—1962 гг. авторами настоящей работы проводились детальные относительные измерения энергетического хода сечений деления  $\sigma(E_n)$   $U^{233}$ ,  $U^{235}$  и  $Pu^{239}$  в диапазоне энергий нейтронов  $E_n = 0,3 \div 2,5$  Мэв [1]. Целью этих измерений было изучение структуры зави-

симости  $\sigma(E_n)$  и корреляции ее с обнаруженными ранее [2] нерегулярностями в поведении угловой анизотропии деления тех же ядер. В соответствии с этой задачей основное внимание было уделено относительным измерениям, которые были выполнены со статистической